

ŘÍZENÍ OBSAHU UHLÍKU V LITINÁCH POMOCÍ TERMICKÉ ANALÝZY CONTROL CONTENT OF CARBON THROUGH THE THERMAL ANALYSIS

T. VÁLEK¹

ABSTRAKT: Příspěvek se popisuje využití termické analýzy ve slévárně dvouvrstvých odstředivě litých válců pro teplé válcovací tratě. Popisuje princip termické analýzy, stanovení teplot likvidu, eutektické prodlevy, teploty konce tuhnutí – solidu. Jedna z možností jak využít hodnot určených z křivky tuhnutí je stanovení obsahu uhlíku resp. řízení jeho obsahu v úzkém rozptylu hodnot.

ABSTRACT: The paper deal with using thermal analysis in foundry made centrifugal rolls for hot mills. Descript principle of thermal analysis, determination of temperature of liquidus, temperature of eutectic reaction and temperature of solidification. Knowledge these temperatures from cooling's curve leads to control contents of carbon in close variance rate.

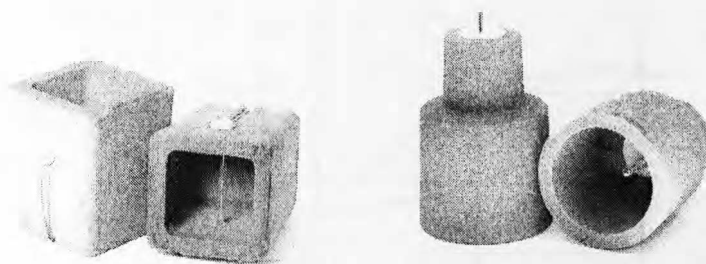
KLÍČOVÁ SLOVA: Termická analýza, teplota likvidu, litiny, řízení obsahu uhlíku.

KEY WORDS: Thermal analysis, temperature of liquidus, cast iron, control content of carbon.

1 PRINCIP TERMICKÉ ANALÝZY

Ve slévárně odstředivě litých válců je kladen vysoký důraz na jakosti odlévaných litin, zvláště pak na užitnou hodnotu válce při válcování, tvrdost povrchu po hloubce, ořezuvzdornost, teplotní stálost atd.,. Např. tvrdosti pracovních povrchů se pohybují podle typu materiálu od 65 do 95 Shore C. Těchto specifických vlastností litin se dosahuje jednak použitím vhodných legur jako jsou Ni, Cr, Mo, V, W, Ti, Nb a pak využitím sofistikovaných metod metalurgické přípravy kovu a formovacího zařízení.

Nedílnou součástí přípravy kovu je aktivní využití termické analýzy. Termická analýza je mezi metalurgickou veřejností dobře známá, avšak v mnoha slévárnách podceňována nebo vůbec nevyužívána. Z technického hlediska jde o propojení termočlánku umístěného v nádobce obr.1 s měřicím a záznamovým zařízením.



Obr. 1. Příklady kelímků pro odběr vzorku pro termickou analýzu, vlevo typ s termočlánkem typu K - QC4010, vpravo typ s termočlánkem typu S - EO10.

¹ Ing. Tomáš Válek, metalurg – divize slévárna válců, Vítkovické slévárny, spol. s r. o.

V dnešní době se mnoho firem zabývá komerčním výrobou přístrojů pro termickou analýzu se softwarem umožňující analyzovat, predikovat vlastnosti odlévané slitiny, možné vady [1,2,3]. Mezi přední evropské výrobce patří Heraeus Electro-Nite, OCC, Itaca, Atas, a další.

Základní princip termické analýzy? Je dán binární rovnovážný fázový diagram. Viz **obr.2**. Tento binární systém se skládá ze dvou vzájemně rozpustěných složek A, B. T_A je bod tání čisté složky A a bod T_B je bod tání čisté složky B. Tento diagram lze rozdělit do tří fází:

Fáze 1 část nad horní křivkou, křivkou likvidu-tání- celá oblast slitiny je v tekutém stavu

Fáze 2 část mezi horní a dolní křivkou, křivkou solidu-tuhnutí. Nacházejí se zde tuhé krystaly v rovnováze s tekutou fází

Fáze 3 část pod spodní křivkou, křivkou solidu. Zde je již slitina v tuhém stavu.

Průběh křivky chlazení pro slitinu o složení $x\%A$ a $y\%B$ v intervalu teplot $T_1 - T_2$ **obr. 2** odpovídá následujícímu fázovému pochodu. V první fázi odvod tepla je stejný, křivka je strmá až do dosažení teploty T_L – teplota likvidu. V rozmezí teplot T_L a T_S dochází ke zpomalení ochlazení vlivem latentního tepla uvolněného při krystalovém růstu. T_S – teplota solidu. V třetí fázi pod teplotou T_S nastává opět zrychlení ochlazení, slitina je již v tuhém stavu. Z křivky lze určit začátek a konec tuhnutí slitiny o složení $x\%A$ a $y\%B$. Nepřímo, ze znalostí příslušného binárního diagramu a teplot T_L a T_S lze určit složení slitiny.

Dalším příkladem je diagram slitiny dvou kovů A,B, které jsou vzájemně rozpustěny v tekutém stavu a zcela nerozpustěné ve stavu tuhém **obr. 3**. Tento diagram lze rozdělit do čtyř fází.

Fáze 1 oblast nad křivkou likvidu tedy T_A-E-T_B . Tato fáze obsahuje rozpuštěný roztok složek A,B.

Fáze 2 krystaly čistého kovu A, které jsou v rovnováze s tekutým kovem.

Fáze 3 krystaly čistého kovu B, které jsou v rovnováze s tekutým kovem.

Fáze 4 tuhý stav, směs krystalů čistých kovů A a B.

Při ochlazování tekuté slitiny obsahující $x\%A$ a $y\%B$ z teploty T_1 do teploty T_L dochází k ochlazování tekuté fáze. Při teplotě T_L a pod ní se začínají vylučovat krystaly složky B podle křivky likvidu, rychlost ochlazování se zpomaluje až do místa, kdy dojde k tepelné prodlevě. Tímto místem je teplota eutektické reakce, prodleva se označuje jako eutektická prodleva. Tuto prodlevu lze vysvětlit na základě Gibbsova fázového pravidla (1) použitého pro metalurgické systémy při atmosférickém tlaku.

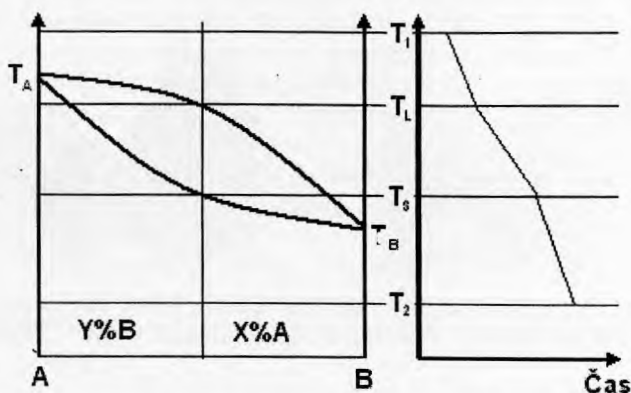
$$F = C - P + 1 \quad (1)$$

kde F je počet stupňů volnosti

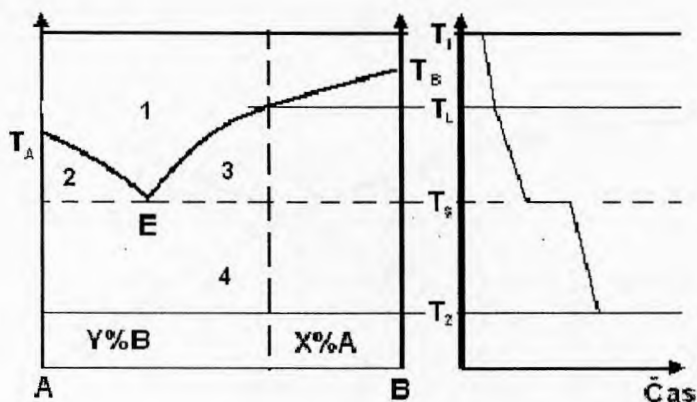
C je počet složek systému

P je počet fází.

Teplota je zde konstantní do doby kdy jedna ze tří fází (A,B, tekutina) nezmizí. V tomto případě jde o tekutou fázi. Délka této prodlevy bude větší čím více se bude složení slitiny přibližovat složení eutektickému. Poté následuje tuhnutí již pevné fáze z T_S do T_2 . Křivka ochlazování na **obr.3** [4].



Obr. 2. Binární rovnovážný diagram, vpravo křivka tuhnutí slitiny o složení $x\%A$ a $y\%B$.



Obr. 3. Binární diagram dvou kovů, vpravo křivka chladnutí slitiny o složení x%A a y%B.

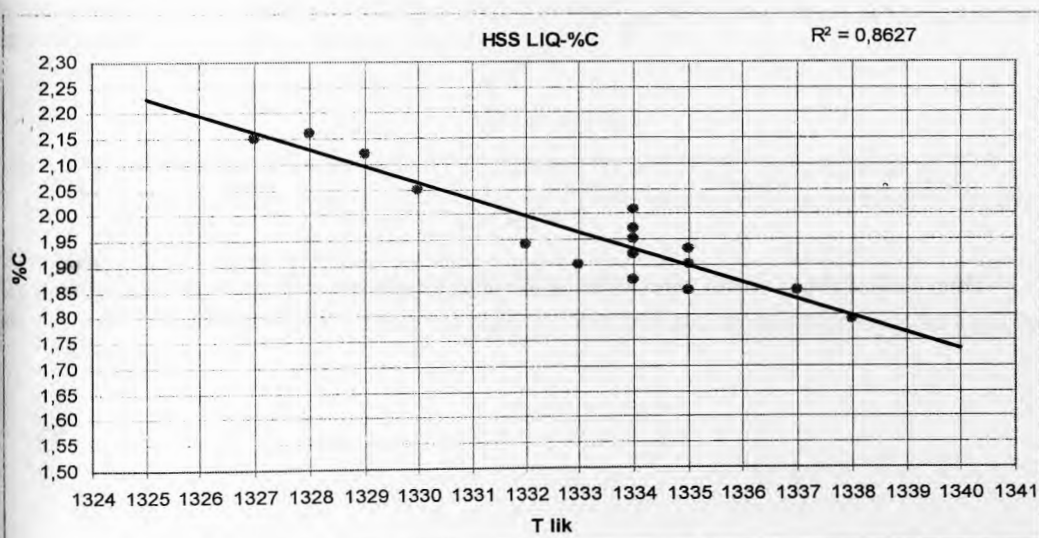
2 NAMĚŘENÉ HODNOTY, VÝSLEDKY

Pro výrobu odstředivě litých válců se používá vysoce legované a speciální litiny, litiny kuličkovým, lupínkovým grafitem a rychlořezné oceli. Označení, přehled chemického složení je uvedeno v tabulce obr. 4.

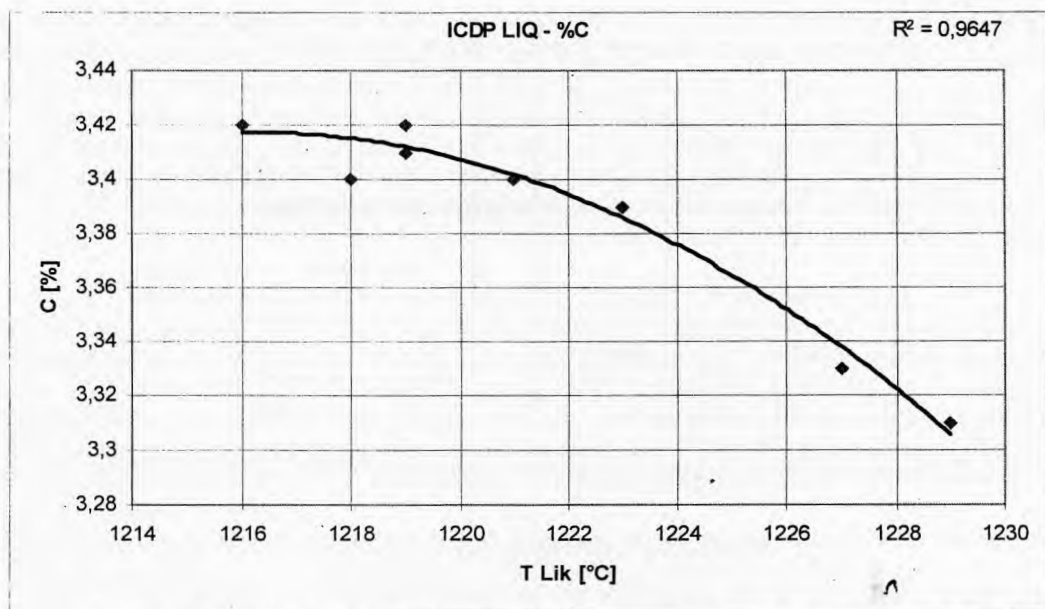
Materiál	C	Mn	Si	Pmax	Smax	Cr	Ni	Mo	V	Tvrđost
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	Shore C
ICDP	3,0/3,5	0,5/1,5	0,5/1,5	0,1	0,03	0,8/2,0	3,5/4,8	0,2/1,0		65-85
OLVIT	2,5/3,0	0,7/1,5	0,4/0,8	0,1	0,05	12,0/21,0	1,0/2,0	1,0/3,0	0,1/0,8	65-95
HSS	1,5/2,1	0,4/1,3	0,3/1,3	0,08	0,02	4,0/8,0	1,0/3,0	2,0/8,0	2,0/8,0	78-83
LKG	2,8/3,5	0,1/1,0	1,5/2,5	0,1	0,02	0,6 max	0,6/1,0	0,02/0,20		37-45

Obr. 4. Přehled používaných materiálu a jejich chemických složení, tvrdostí.

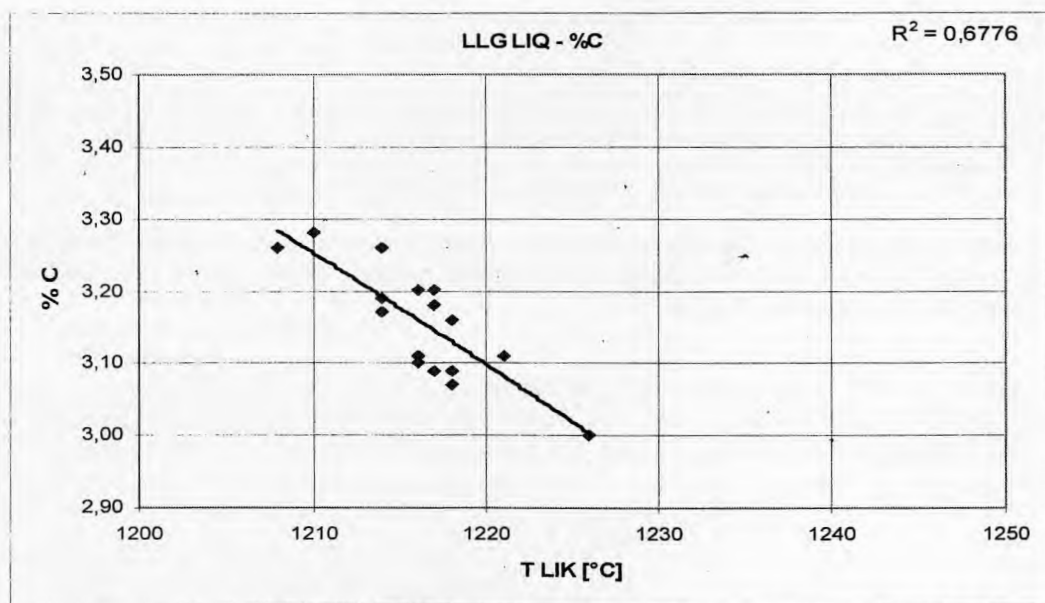
Termická analýza je využívána pro řízení obsahu uhlíku v tavenině před odpichem. Naměřené hodnoty teploty likvidu jednotlivých druhů litin a zjištěné hodnoty obsahu uhlíku jsou uvedené grafických závislostech na obr 5,6,7,8.



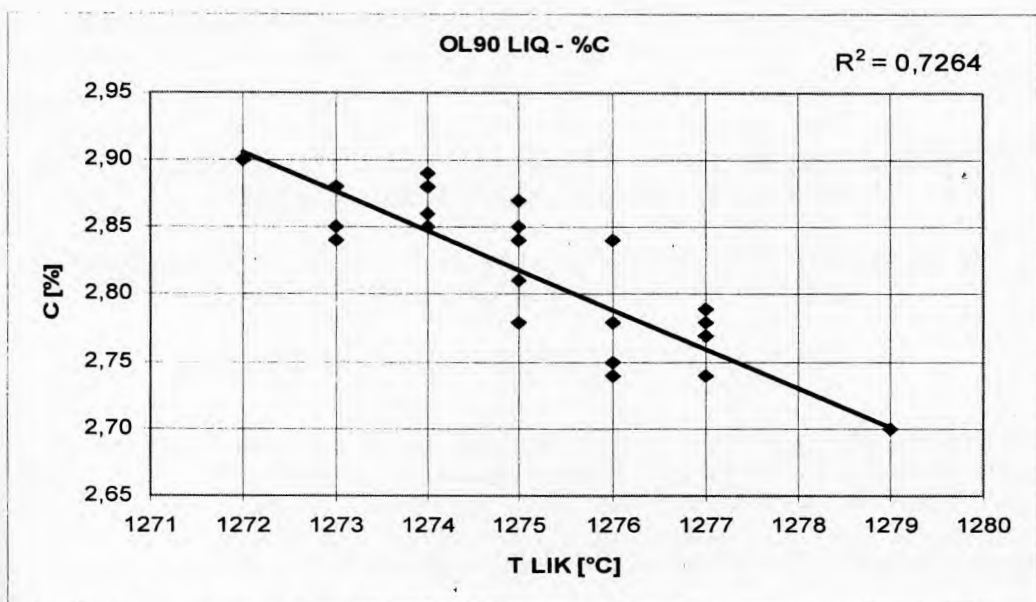
Obr. 5. Grafická závislost mezi teplotou likvidu a množstvím uhlíku - materiál HSS.



Obr. 6. Grafická závislost mezi teplotou likvidu a množstvím uhlíku - materiál ICDP.



Obr. 6. Grafická závislost mezi teplotou likvidu a množstvím uhlíku - materiál LKG.



Obr. 7. Grafická závislost mezi teplotou likvidu a množstvím uhlíku - materiál vysoce chromová litina.

3 DISKUZE, ZÁVĚR

Uhlík v litinách je základní složkou. Jeho obsah a forma vyloučení dává výsledné vlastnosti litiny. Z pohledu tavení můžeme tvar a formu uhlíku ovlivnit přípravou, složením vsázky, chemickým složením a způsobem tavení.

Hodnoty grafických závislostí byly naměřeny v provozních podmínkách slévárny. Pro získání grafických závislostí byl záměrně vytvořen větší rozptyl hodnot teploty likvidu z celkového množství 120 vzorků. Uhlík byl zjišťován spalovací metodou analyzátozem LECO CS 444. V uvedených případech jsou koeficienty R^2 v rozmezí od 0,67 do 0,96 podle typu materiálu a množství provedených zkoušek. Na základě naměřených hodnot a zkušeností z provozních podmínek lze termickou analýzu použít za spolehlivou metodu, jak rychle a provozně (v těsné době před odpichem) zaručit požadované hodnoty obsahu C v odlitku.

4 LITERATURA

- [1] U.KAMPMANN, W. BAUMGART, U. KÜHN, U. JANTZEN : Fehlerquellen und Optimierung der thermischen Analyse bei der Anwendung für Guseisenwerkstoffe, Gießerei-Praxis 8/ 2002.
- [2] ELKEM : propagační materiály, 2003.
- [3] FOSECO : propagační materiály, 2006.
- [4] IR. W. VAN DER PERRE : Thermal analysis principles and applications, Heraeus Electro-Nite, 1995.